

STUDI PENANGGULANGAN EROSI PANTAI BULELENG DAN PENYUMBATAN MUARA TUKAD BULELENG

Oleh :

Dr. Ir. Bambang Triatmodjo

Intisari

Pantai Buleleng saat ini mengalami erosi yang cukup parah. Sebagai daerah pemukiman padat kerusakan pantai tersebut perlu segera ditanggulangi. Selain itu muara Tukad (sungai) Buleleng yang berada di daerah pantai tersebut mengalami penyumbatan yang disebabkan karena masuknya sedimen/pasir pantai ke muara. Penyumbatan ini mengakibatkan air sungai (banjir) tidak bisa dengan cepat dibuang ke laut, sehingga menyebabkan terjadinya luapan di sebelah hulu sungai. Studi ini dilakukan untuk menanggulangi penyumbatan di muara Tukad Buleleng dan erosi pantai.

Pendahuluan

Sungai Tukad Buleleng terletak di Pulau Bali, yang bermata air dari pegunungan yang termasuk dalam desa Sukasada, Buleleng. Sungai tersebut mengalir ke arah utara dan bermuara ke laut Jawa setelah melewati kota Singaraja di Kabupaten Buleleng (Gambar 1). Permasalahan yang ada terdiri atas dua hal yaitu penyumbatan muara Tukad Buleleng dan erosi pantai Buleleng. Muara Tukad Buleleng ini mengalami penyumbatan karena terjadinya sedimentasi. Sedimen yang mengendap tersebut berasal dari hulu sungai berupa pasir, koral dan sampah, dan transport sedimen sejajar pantai. Dari kedua hal tersebut sedimen yang berasal dari transport sejajar pantai adalah yang paling dominan. Karena adanya penyumbatan tersebut, maka pada waktu banjir air tidak bisa dengan cepat dibuang ke laut, sehingga menyebabkan terjadinya luapan di sekitar sungai. Untuk itu maka diperlukan suatu penanggulangan terhadap pengendapan di muara sungai. Penanggulangan tersebut dilakukan dengan membuat konstruksi berupa jetty (dua buah krib/groin) yang diletakkan pada kedua sisi muara. Selain itu pantai Buleleng juga mengalami erosi yang di beberapa tempat sudah cukup parah. Daerah yang cukup kritis adalah sepanjang pantai antara Tukad Kubujati dan Banyumala sepanjang $\pm 3,7$ km. Erosi pantai di daerah ini perlu segera mendapat

penanganan mengingat daerah tersebut merupakan daerah pemukiman yang cukup padat penduduknya.

Tujuan Studi

Tujuan dari studi ini adalah :

1. Menghindari terjadinya endapan di muara sungai sehingga air dapat mengalir dengan normal dan tidak terjadi pemusatan aliran di salah satu sisi sungai.
2. Pengaman pantai Buleleng yaitu daerah antara Tukad Kubujati dan Tukad Banyumala sepanjang $\pm 3,7$ km.

Studi dilakukan dengan menganalisis data lapangan yang berupa data angin, gelombang, pasang surut, topografi, data sungai dan lain-lainnya. Dari hasil analisis tersebut dapat ditentukan penyebab utama dari pengendapan yang terjadi di Muara Tukad Buleleng dan erosi pantai Buleleng. Berdasarkan hasil analisis dapat ditentukan bangunan yang paling sesuai untuk penanggulangan sedimentasi di muara sungai.

Pantai Buleleng

Pantai Buleleng yang ditinjau dalam studi ini adalah daerah antara Tukad Kubujati dan Tukad Banyumala yang merupakan daerah pemukiman padat, sepanjang $\pm 3,7$ km. Penimbangan dan Pantai Sangsit. Erosi yang terjadi di pantai tersebut kemungkinan disebabkan oleh hal-hal berikut ini.

^{*)}Anggota Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.

- 1) Gelombang yang relatif cukup besar terutama yang terjadi pada musim barat. Menurut informasi penduduk gelombang yang terjadi pada awal bulan Januari 1990 mencapai lebih dari 2,0 m. Gelombang tersebut terjadi bersamaan dengan air pasang sehingga bisa mencapai jauh ke daratan dan mengakibatkan banyak kerusakan pada perumahan penduduk dermaga pelabuhan di sebelah muara Tukad Buleleng dan runtuhnya ujung jetty kanan muara Tukad Buleleng.
- 2) Keterbukaan pantai tersebut terhadap gelombang dari berbagai arah. Pantai ini tidak mempunyai pelindung baik secara alam seperti hutan bakau di daerah pantai yang bisa meredam energi gelombang, maupun pelindung buatan yang berupa bangunan pantai.
- 3) Tidak banyaknya sungai-sungai yang membawa suplai sedimen di daerah tersebut. Beberapa sungai yang bermuara di pantai tersebut pada umumnya pendek dan debit aliran relatif kecil, sehingga sedimen yang terangkut relatif juga kecil.

Dasar pantai Buleleng berupa batu karang sedang butir tanah pembentuk pantai (daratan) berupa pasir. Meskipun gelombang mempunyai kapasitas angkutan sedimen yang cukup besar (tinggi gelombang besar), tetapi karena dasar pantai berupa batu karang, maka tidak ada kekhawatiran akan terjadinya erosi dasar pantai. Erosi atau kerusakan hanya akan terjadi pada garis pantai yang berupa pasir dan akan mengakibatkan mundurnya garis pantai.

Dasar Analisis Sistem Pengaman Pantai

Faktor utama yang menyebabkan erosi pantai adalah gelombang yang menyerang langsung ke pantai dan arus sepanjang pantai. Di pantai Buleleng pengukuran gelombang di laut dalam, terutama gelombang ekstrim (badai) yang akan banyak menimbulkan kerusakan pantai, belum pernah dilakukan. Dalam studi ini gelombang di laut dalam diperoleh berdasarkan peramalan gelombang yang dilakukan dengan menggunakan metoda SMB (Sverdrup-Munk-Bredtsneider) berdasarkan data kecepatan angin, lama hembus angin dan fetch (jarak seret gelombang). Hasil peramalan adalah tinggi dan periode gelombang signifikan untuk berbagai arah penjalaran (sesuai arah angin) di laut dalam. Tabel 1 dan 2 adalah hasil peramalan tinggi dan periode gelombang, sedang tabel

3 adalah lama kejadian gelombang. Kemudian dengan menggunakan studi refraksi, shoaling dan teori gelombang pecah akan dapat ditentukan tinggi dan arah gelombang di daerah pantai. Gambar 2 menunjukkan refraksi gelombang untuk gelombang dari arah utara.

Karakteristik gelombang di daerah pantai akan digunakan untuk analisis lebih lanjut seperti evaluasi transpor sedimen sepanjang pantai, perubahan garis pantai dan analisis stabilitas bangunan pantai. Dua analisis pertama dilakukan dengan membagi daerah pantai menjadi sejumlah pias. Pada setiap pias dihitung transpor sedimen yang masuk dan meninggalkan pias. Pada umumnya transpor sedimen sepanjang pantai jauh lebih besar dari transpor sedimen tegak lurus pantai, sehingga dalam studi ini hanya diperhitungkan transpor sedimen sepanjang pantai yang dihitung dengan rumus berikut ini.

$$Q_s = 0,401 P_s \dots\dots\dots (1)$$

dengan

$$P_s = \frac{\rho g}{16} \left(\frac{H_b^2 L_b}{T} \right) \sin 2 \alpha_b$$

dimana :

- Q_s : transpor sedimen sepanjang pantai
- P_s : komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai
- ρ : rapat massa air laut
- g : percepatan gravitasi
- H_b : tinggi gelombang pecah
- L_b : panjang gelombang pecah
- T : periode gelombang
- α_b : sudut datang gelombang pecah terhadap garis pantai

Model perubahan garis pantai dilakukan untuk memprediksi daerah yang mengalami erosi dan sedimentasi karena adanya transpor sedimen yang ditimbulkan oleh gelombang yang sampai di pantai. Model ini didasarkan pada persamaan berikut.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{d} \frac{\partial Q_s}{\partial x} \dots\dots\dots (2)$$

dengan

- y : jarak antara garis pantai dan garis referensi
- d : kedalaman laut di mana gelombang pecah
- Q : transpor sedimen sepanjang pantai
- t : waktu
- x : jarak

Dengan diketahuinya transpor sedimen pada tiap-tiap pias maka akan dapat diprediksi erosi atau sedimentasi yang terjadi. Gambar 3 menunjukkan hasil model untuk gelombang dari arah utara. Dari gambar tersebut dapat diketahui daerah yang mengalami erosi dan sedimentasi.

Bangunan Pantai di Sekitar Muara Tukad Buleleng

Perencanaan bangunan pantai Buleleng ini meliputi daerah yang terbentang dari Muara Tukad Banyumala sampai Muara Tukad Kubujati. Pantai tersebut saat ini mengalami erosi yang cukup parah dan belum mendapatkan penanganan/penanggulangan secara terpadu. Bangunan pelindung pantai yang ada hanya melindungi bangunan-bangunan tertentu yang dianggap penting. Pada kedua sisi muara Tukad Buleleng terdapat bangunan jetty yang berfungsi untuk menahan masuknya sedimen pantai masuk ke muara sungai. Garis pantai di sekitar muara tersebut akan sangat dipengaruhi oleh bangunan jetty yang ada di kedua sisi muara Tukad Buleleng.

Jetty sebelah timur terbuat dari tumpukan buis beton dengan di dalamnya diisi beton dengan panjang 53 m, sedangkan jetty di sisi sebelah barat terbuat dari bronjong mempunyai panjang 26 m dari garis pantai. Jetty barat yang relatif pendek ini masih memungkinkan transpor sedimen sepanjang pantai dari arah barat bisa melewati ujung jetty barat dan kemudian terhalang oleh jetty di sebelah timur yang akan menyebabkan tersumbatnya muara Tukad Buleleng. Selain itu, ditinjau dari segi hidraulika dan sedimen pantai, kedua jetty tersebut kurang panjang. Panjang jetty ditentukan berdasarkan tinggi dan kedalaman gelombang pecah. Transpor sedimen sepanjang pantai terjadi di daerah antara sedikit di luar garis gelombang pecah dan garis pantai. Di kedua batas tersebut arus sepanjang pantai yang menyebabkan transpor sedimen adalah nol dan mempunyai harga maksimum di tengah-tengah daerah tersebut. Dengan membuat jetty sampai pada lokasi

sedikit di luar garis gelombang pecah berarti telah menghalangi transpor sedimen sepanjang pantai.

Keberadaan jetty di kedua sisi muara Tukad Buleleng akan menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai. Di sebelah hulu bangunan (ditinjau terhadap arah arus) akan terjadi sedimentasi, sedang di sebelah hilirnya akan terjadi erosi. Dalam hal pantai Buleleng, sebagian besar arus sepanjang pantai berasal dari Timur dan hanya sebagian kecil yang berasal dari Barat, dan transpor netto yang terjadi di pantai tersebut mempunyai arah dari Timur ke Barat. Oleh karena itu di sebelah Timur jetty akan terjadi sedimentasi, sedang di sebelah Baratnya akan terjadi erosi.

Erosi yang terjadi di sepanjang pantai Buleleng terjadi karena adanya serangan gelombang langsung ke garis pantai dan arus sepanjang pantai. Gelombang besar yang menghantam garis pantai akan merusak struktur ikatan tanah pembentuk pantai, dan kemudian butir tanah/pasir tersebut akan terbawa arus sepanjang pantai.

Untuk menanggulangi erosi pantai tersebut perlu dibuat bangunan pelindung pantai yang berfungsi sebagai peredam energi gelombang yang sampai ke pantai. Seperti telah dijelaskan pada bab terdahulu bahwa dasar pantai Buleleng ini berupa batu karang sedang tanah pembentuk pantai (daratan) berupa pasir. Dengan kondisi pantai seperti itu, di mana tidak akan terjadi transpor sedimen sepanjang pantai di dasar daerah antara gelombang pecah dan garis pantai, maka bangunan yang paling sesuai adalah revetment yang berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap serangan gelombang. Bangunan revetment ini akan dibuat di sepanjang pantai mengingat kondisi pantai sudah cukup kritis.

Penentuan Panjang Jetty Muara Tukad Buleleng

Dari studi refraksi dan gelombang pecah telah dihasilkan tinggi dan kedalaman gelombang pecah untuk gelombang dari berbagai arah di sepanjang pantai yang ditinjau. Tabel 4 menunjukkan hasil hitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah untuk gelombang dari berbagai arah dan periode gelombang serta transpor sedimen yang terjadi di depan Muara Tukad Buleleng.

Dari tabel 4. tersebut terlihat bahwa transport sedimen terbesar adalah sebesar 85.992 Tm/m/th yang

ditimbulkan oleh gelombang dari arah Utara dengan tinggi gelombang pecah $H_b = 1,43$ m dan kedalaman gelombang pecah $d_b = 1,66$ m.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka penentuan panjang jetty didasarkan pada gelombang dari arah utara dengan tinggi gelombang di laut dalam $H_0 = 1,83$ m. Gelombang tersebut pecah pada kedalaman 1,66 m.

Dengan mempertimbangkan kepentingan biaya dan hasil model fisik, panjang jetty ditentukan berdasarkan elevasi muka air rerata yaitu + 2,1 m sehingga ujung jetty diletakkan pada kontur dasar + 0,50 ($2,1 - 1,60 = 0,44$ 0,5 m).

Revetment

Seperti yang telah diuraikan di depan bahwa bangunan pelindung pantai Buleleng yang paling sesuai adalah revetment. Bangunan ini dibuat di sepanjang pantai mulai dari Tukad Kubujati sampai Tukad Banyumala. Pemilihan tipe konstruksi revetment dipertimbangkan dari hasil analisis baik secara teknis maupun ekonomis. Dari empat alternatif yang diajukan, akhirnya dipilih revetment dari bronjong. Dimensi bangunan dipengaruhi oleh kedalaman air di kaki bangunan, tinggi run up, tinggi gelombang yang terjadi di lokasi bangunan, dan sebagainya. Elevasi bangunan adalah pada + 4,25 m. Revetment terdiri

dari tumpukan bronjong dengan ukuran panjang \times lebar \times tinggi = 3,0 m \times 1,5 m \times 0,5 m.

Daftar Pustaka

- CERC, 1984, Shore Protection Manual, U.S. army CERC, Washington.
- Dean, R.G. dan R.A. Dalrymple, 1984, Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Fakultas Teknik UGM, 1987, Studi Pengaman Pantai Jakarta Utara (Cilincing Tahap I).
- , 1988, Studi Pengaman Pantai Jakarta Utara (Cilincing Tahap II).
- , 1990, Studi Pengaman Pantai Cengkareng (Cilincing tahap III).
- Horikawa, K., 1978, Coastal Engineering, Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- Ippen, A.T., 1966, Estuary Coastline Hidrodynamics, Mc. Graw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Komar, P.D., 1984, CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion, CRC, Florida.
- Triatmodjo, B, 1988, Teknik Pantai, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.

Tabel 1. Hasil perhitungan tinggi gelombang di laut dalam

Arah Kecepatan (m/dt)	U (m)	TL (m)	T (m)	Tg (m)	S (m)	BD (m)	B (m)	BL (m)
7,11 — 8,64	1,46	1,31	—	—	—	—	—	1,44
8,64 — 9,92	1,83	1,61	—	—	—	—	—	1,81
9,92 — 12,08	2,34	2,04	—	—	—	—	—	2,29
12,08 — 14,3	0,73	—	—	—	—	—	—	—

Tabel 2. Hasil perhitungan periode gelombang di laut dalam

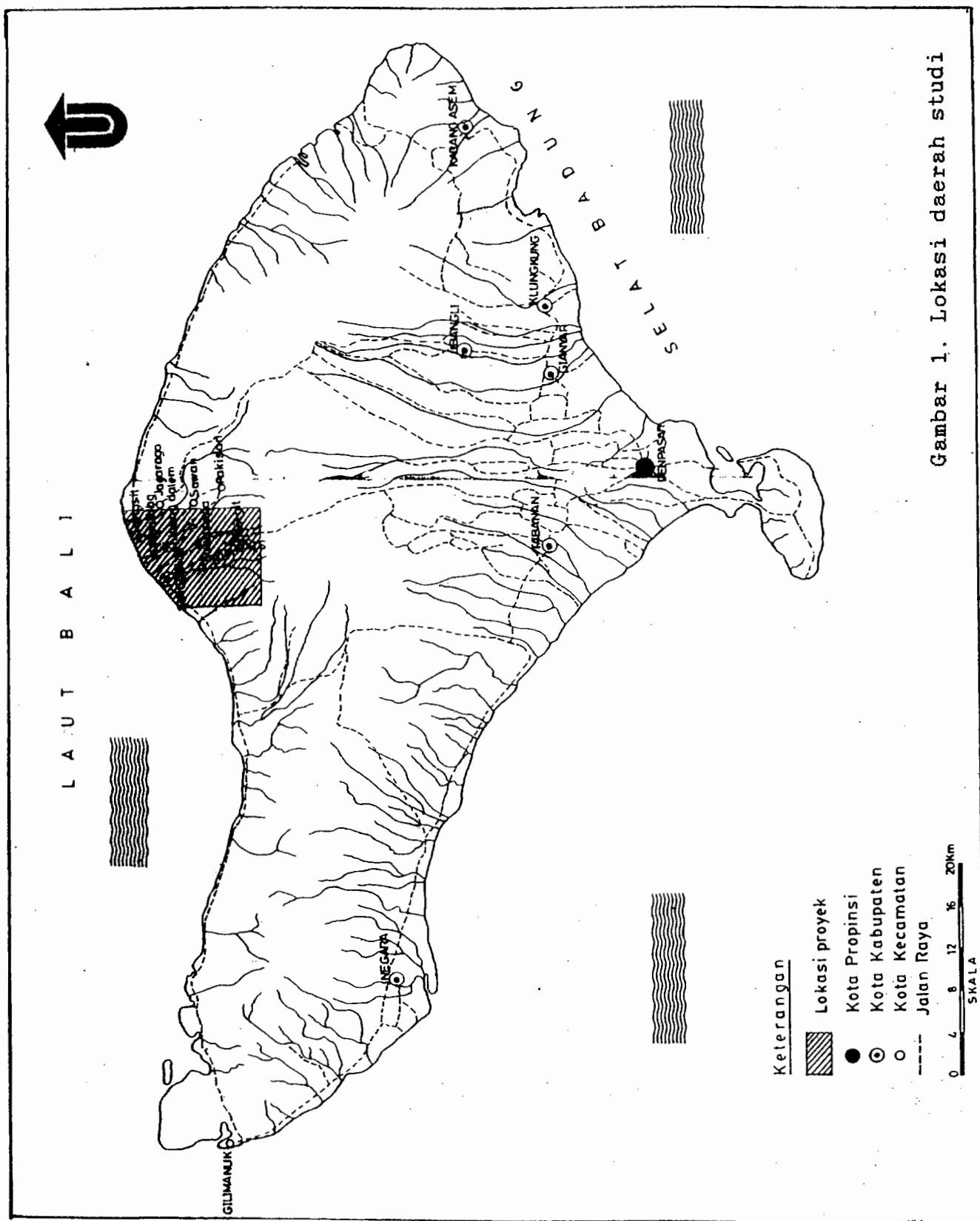
Arah Kecepatan (m/dt)	U (dt)	TL (dt)	T (dt)	Tg (dt)	S (dt)	BD (dt)	B (dt)	BL (dt)
7,11 — 8,64	4,8	4,65	—	—	—	—	—	4,7
8,64 — 9,92	5,5	5,15	—	—	—	—	—	5,4
9,92 — 12,08	6,15	5,75	—	—	—	—	—	6,05
12,08 — 14,3	3,3	—	—	—	—	—	—	—

Tabel 3. Lama kejadian gelombang (hari)

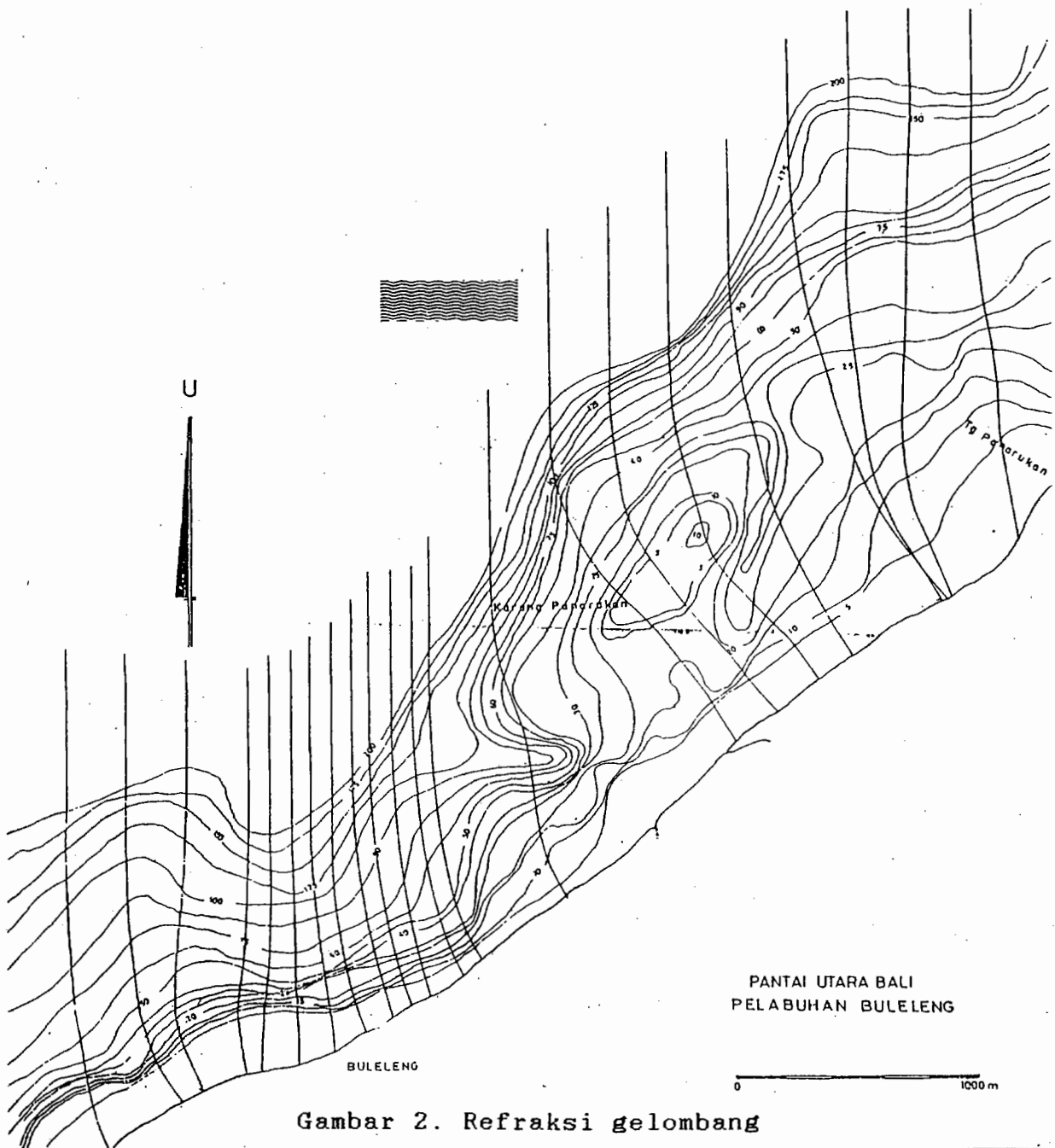
Arah Kecepatan	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL
0 — 7,11	322,3							
7,11 — 8,64	4,49	0,99	1,17	—	—	—	2,04	4,93
8,64 — 9,92	6,72	1,46	1,75	—	—	—	2,56	7,41
9,92 — 12,08	0,62	0,26	0,29	—	—	—	0,44	0,73
12,08 — 14,3	0,04	0,0	—	—	—	—	0,11	0,0

Tabel 4. Hasil hitungan H_s , d_s , S di depan Muara Tukad Buleleng

Arah Gel.	H_s (m)	T (dt)	H_s (m)	d_s (m)	Persentasi Kejadian (%)	S Tm/m/th
Timur	1,31	4,65	0,73	0,87	0,27	2947
	1,61	5,15	0,89	1,07	0,40	2287
	2,04	5,75	1,13	1,35	0,07	7298
Utara	0,73	3,30	0,55	0,64	0,01	44
	1,46	4,80	1,12	1,31	1,23	31.932
	1,83	5,50	1,43	1,66	1,84	85.992
	2,34	6,15	1,82	2,11	0,17	14.643
Barat	1,44	4,70	1,24	1,49	1,35	13.368
	1,81	5,40	1,59	1,90	2,03	36.490
	2,24	6,05	1,97	2,36	0,20	6.500

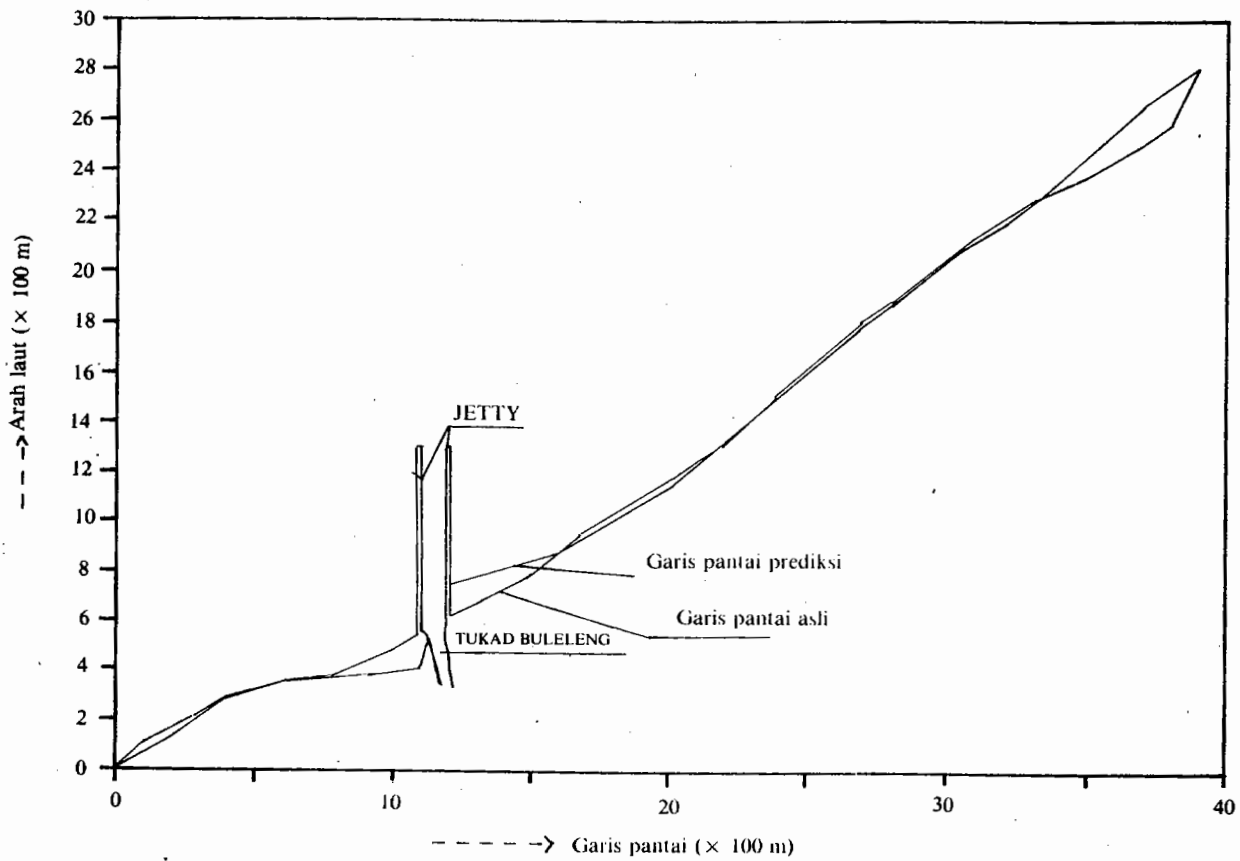


Gambar 1. Lokasi daerah studi

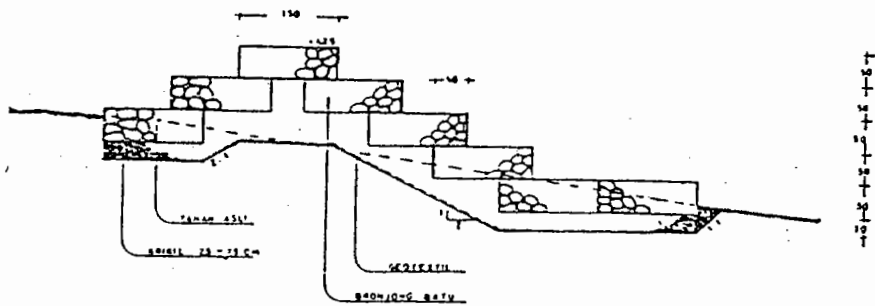


Gambar 2. Refraksi gelombang

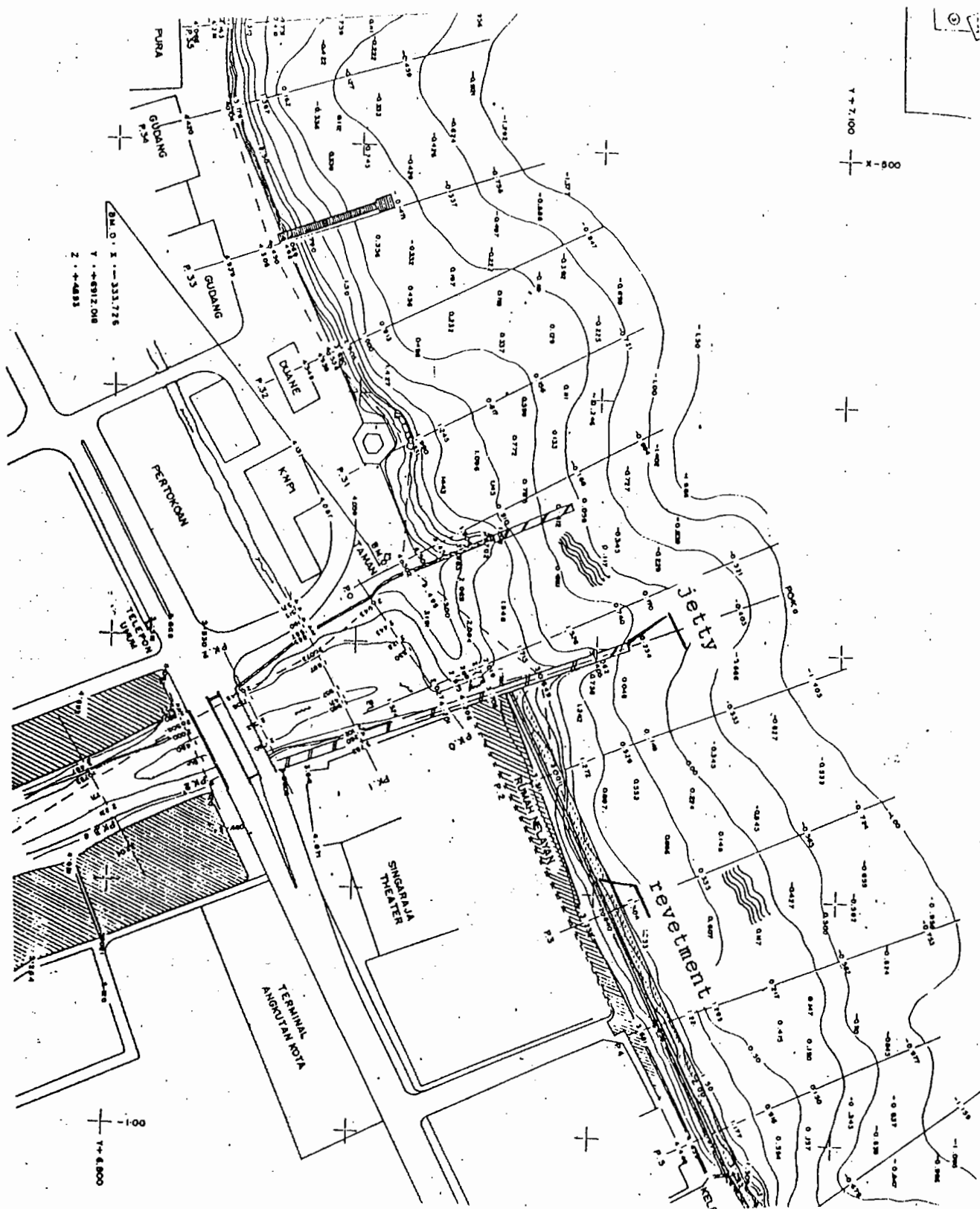
**Perubahan garis Pantai Buleleng
(Akibat pengaruh angin arah Utara)**



Gambar 3. Perubahan garis pantai



Gambar 5. Tampang lintang revetment



Gambar 4. Jetty muara Tukad buleleng